

PORTFÓLIO DE SERVIÇO	
CÓDIGO	LPIREG03
LABORATÓRIO	LPIR – LABORATÓRIO DE PIROTECNIA
DIVISÃO	APR –DIVISÃO DE PROPULSÃO
SUBDIRETORIA	SDEG – SUBDIRETORIA DE ENGENHARIA
DESCRIÇÃO	ENSAIOS DE CALOR DE COMBUSTÃO E EXPLOSÃO EM BOMBA CALORIMÉTRICA

Descrição do STE:

O intuito deste ensaio é determinar as calorias liberadas por meio de reações de combustão e explosão de materiais energéticos, em atmosfera com presença e ausência de oxigênio. Esse ensaio é realizado segundo a norma Military Standard: MIL-STD-286C Propellants, Solid: Sampling, Examination And Testing, Método 802.1: Heat of Explosion (Combustion) (Adiabatic Calorimeter Method) em um calorímetro PARR modelo 6200 com bombas de combustão de oxigênio modelos 1104 (para explosivos) e 1108CL (para material energético clorado).

1. Objetivo do ensaio: Determinar a quantidade de calorias liberada por grama de material energético em atmosfera com e/ou sem a presença de oxigênio.

2. Considerações iniciais:

2.1 A quantidade medida diretamente neste procedimento de calorímetro de bomba é o calor total ou bruto de explosão ou combustão de materiais energéticos. O método envolve a queima de uma amostra pesada em uma bomba cheia de nitrogênio ou oxigênio submerso em uma quantidade medida de água, tudo mantido dentro de uma câmara adiabática.

2.2 A quantidade de calor emitida pela queima da amostra é medida registrando-se a temperatura da água no início e no final do experimento. Medindo com precisão o aumento de temperatura na água, e conhecendo o equivalente em água do calorímetro, o número de calor unidades liberadas podem ser calculadas.

2.3 A Bomba de Combustão Oxigênio 1104 (B1), **NUNCA** deverá ser utilizada com amostras que liberem mais de **12.000 calorias** na queima com oxigênio e a pressão de O₂ utilizada **NUNCA** deverá exceder **45 atm (665 psi)**.

2.4 A Bomba de Combustão Oxigênio 1108 (B2), **NUNCA** deverá ser utilizada com amostras que liberem mais de **8.000 calorias** na queima com oxigênio e a pressão de O₂ utilizada **NUNCA** deverá exceder **40 atm (590 psi)**.

Sequência ordenada de atividades e tarefas para a prestação do STE

A sequência ordenada de atividades e tarefas da ICT/IAE que serão realizadas para a prestação do serviço técnico especializado na área de calorimetria de material energético é descrito em detalhes a partir do seguinte ordenado de etapas:

Etapa 1. Reunião inicial com o solicitante para a definição de figuras de mérito entregáveis: Inicialmente, por uma reunião técnica, a configuração a ser analisada bem como os limites de suas condições de operação é apresentada ao interessado.

Etapa 2. Análise da solicitação do serviço Técnico Especializado: Após a reunião preliminar e definida as condições de análise, uma análise do serviço solicitado quanto a possibilidade em atender com equipamento, condições ambientais, amostragem, profissionais habilitados e outros.

Etapa 3. Realização do ensaio de calorimetria: Realizar o ensaio de calorimetria de material energético no calorímetro PARR 6200 utilizando as bombas de combustão de oxigênio 1104 ou 1108CL.

Etapa 4. Preparação de Relatórios: Após a realização do ensaio, prepara-se um relatório com os resultados emitidos pelo calorímetro, bem como equipamentos utilizados, profissionais envolvidos, condições climáticas, entre outros.

Pessoal envolvido para realização do ensaio de compressão de pastilhas de material energético

O pessoal da ICT necessário para a prestação da STE relacionado com a área de sistemas pirotécnicos aeroespaciais é o efetivo do Laboratório de Pirotecnia (LPIR) da ICT/IAE. A eles, de acordo com o Regimento Interno do Instituto de Aeronáutica e Espaço, cabe executar análises físicas e químicas de composições pirotécnicas.

A execução desse ensaio se dá pelo gerente técnico e por técnicos aptos para a atividade.

Tabela 1 – Definição de servidores envolvidos.

Serviço técnico especializado	Gerente técnico
Técnicos com treinamento no ensaio e cumprindo todos os procedimentos de segurança necessários	Engenheiro Químico

Tabela 2 – Número de servidores de nível superior e nível técnico envolvidos nas etapas descritas na Sequência ordenada de atividades e tarefas para a prestação do STE

Todas as etapas	2 Servidores de Nível Superior
Todas as etapas	1 Servidor de Nível Técnico

Insumos, equipamentos e laboratórios utilizados para a realização do ensaio de combustão

e explosão em bomba calorimétrica

1) Equipamentos

- a) Calorímetro PARR 6200;
- b) Banho de Circulação e Refrigeração;
- c) Balança analítica e semi-analítica;
- d) Bomba de Combustão Oxigênio 1104 ou 1108CL

2) Insumos

- a) Filamento de ignição;
- b) Água destilada;
- c) Gás O₂ grau analítico (mínimo 99,99% de pureza);
- d) Gás N₂ grau analítico (mínimo 99,99% de pureza);

Os equipamentos e instrumentos necessários a realização do ensaio de calorimetria estão apresentados na Figura 1 a seguir.



Figura 1: Calorímetro Parr 6200 com banho de circulação e refrigeração e bomba de combustão 1108CL

Cronograma de execução do ensaio de calor de combustão e explosão em bomba calorimétrica

Utilizando como referência as etapas explicitadas na sequência ordenada de atividades, estima-se que o tempo de execução seja de no máximo 3 horas para cada amostra em triplicata (preparação da amostra e tempo de ensaio) e o prazo de uma semana para entregar o relatório devidamente assinado.

Infraestrutura necessária para realização do ensaio de calor de combustão e explosão em bomba calorimétrica

O Laboratório de Pirotecnia conta com diversos laboratórios, dentre ele o Laboratório 2, equipado com malha de aterramento para que o servidor envolvido no ensaio possa conectar uma pulseira antiestática para manipular o material energético. O piso do laboratório é dissipativo e aterrado, sendo necessário o uso de sapatos condutivos. Este laboratório conta com instalação das linhas de gases de oxigênio e nitrogênio analíticos com seus respectivos manômetros. O Laboratório 2 possui uma capela para exaustão para os gases emitidos pelo processo de queima do material pelo calorímetro contidos dentro da bomba de combustão de oxigênio.

Eventuais certificações e garantias dos resultados obtidos ensaio de calor de combustão e explosão em bomba calorimétrica

Após a Etapa 4 (preparação de relatório), o Laboratório de Pirotecnia (APR-LPIR) produz o boletim de resultados final para entrega ao solicitante.

Formação dos custos unitários/globais do ensaio de calor de combustão e explosão em bomba calorimétrica

Para o dimensionamento dos custos, o setor administrativo da ICT/IAE será responsável por estabelecer o custo da Hora Laboratório (HL), da Hora Computador (HC) e do Homem Hora (HH) referentes a ICT/IAE. Para a HL, tem-se como composição as horas em energia, do custo de manutenção de operacionalidade do equipamento e do custo de obsolescência do equipamento diluído em horas utilizadas pelo LPIR. Para a HC, considera-se o custo dos programas utilizados, de sua atualização e de sua obsolescência. Para o HH, estabelecem-se os valores referentes aos custos de serviços de funcionários de Nível Superior e Nível Médio. A tabela a seguir exhibe a composição de custos com base nos valores de HL, HC e HH supracitados.

**Tabela 3 – Composição de custos considerando 3 horas de ensaio
(1 amostra em triplicada)**

Mão de Obra Dedicada	Atividade	Qualificação	Carga Horária	Valor por Hora	Valor Total
	Execução do ensaio	Nível técnico	3	R\$ 109,24	R\$ 327,72
		Nível técnico	3	R\$ 109,24	R\$ 327,72
	Elaboração de relatório	Nível técnico	30	R\$ 109,24	R\$ 3.277,20
		Nível superior	30	R\$ 189,81	R\$ 5.694,30
SUBTOTAL	R\$ 9.626,94				
Bombeiro	Atividade	Qtde	Carga Horária	Valor por Hora	Valor Total
	Execução do ensaio	2	1	R\$ 109,24	R\$ 218,48
	SUBTOTAL	R\$ 218,48			
Segurança do Trabalho	Atividade	Qtde	Carga Horária	Valor por Hora	Valor Total
	Execução do ensaio	1	1	R\$ 109,24	R\$ 109,24
	SUBTOTAL	R\$ 109,24			

	Tipo de Equipamento (Dedicado ou de Apoio)	Equipamento	Valor de Compra (conforme BMP)	Potência do Equipamento (em Watts)	Tempo de Uso PARA A ATIVIDADE (min)	Tempo de Uso PARA A ATIVIDADE (horas)	Consumo em kWh – Durante o tempo de utilização	Custo de Energia (R\$0,78 por kWh)	Depreciação Estimada por Hora de Uso	Valor Depreciado durante o tempo de uso em R\$
	Apoio	Medidor de pulseiras e sapatos (EPIs)	R\$ 2.150,00	15	30	0,5	0,075	R\$ 0,06	R\$ 0,04	R\$ 0,02
	Apoio	Balança analítica	R\$ 798,00	12	30	0,5	0,006	R\$ 0,01	R\$ 0,05	R\$ 0,02
	Apoio	Destilador de água tipo Pilsen	R\$ 1.626,00	3500	180	3	10,5	R\$ 8,19	R\$ 0,03	R\$ 0,09
	Apoio	Condicionador de ar	-	1100	180	3	3,3	R\$ 2,57	R\$ 0,03	R\$ 0,09
	Dedicado	Balança semi-analítica	-	6	180	3	0,018	R\$ 0,01	R\$ 0,04	R\$ 0,12
	Dedicado	Calorímetro PARR 6200	-	720	180	3	2,16	R\$ 1,68	R\$ 0,59	R\$ 1,77
	Dedicado	Banho de Circulação e Refrigeração	-	4250	180	3	12,75	R\$ 9,94	R\$ 0,50	R\$ 1,50
	Dedicado	Bomba de oxigênio 1108CL	R\$ 4.388,99	-	180	3	-	R\$ 0,00	R\$ 0,04	R\$ 0,12
	Apoio	Computador Lenovo	R\$ 1.480,85	725	240	4	2,9	R\$ 2,26	R\$ 0,04	R\$ 0,16
								R\$ 24,72		R\$ 3,89
									R\$ 28,61	

Material de Consumo / Insumos	Descrição do Material	Unidade de Uso (Kg, L, m3, m2, m, cm)	Quantidade	Custo por unidade (Kg, L, m3, m2, m, cm)	Custo Final
	Oxigênio analítico ou Nitrogênio analítico	cm3	285 Ou 240	R\$ 2,68	R\$ 2,68
	Fuso de ignição 45C10	cm	30	R\$ 0,10	R\$ 3,00
SUBTOTAL					R\$ 5,68

* Custo contempla valor do gás e do comodato diário do cilindro.

Depreciação de	Instalações	Instalação (nome como é conhecido o prédio/laboratório)	Número / identificação do prédio	Valor estimado da obra	Tempo Estimado de Vida Útil – em anos	Tempo de Uso PARA A ATIVIDADE (horas)	Horas Estimadas de Vida Útil	Depreciação Estimada por Hora de Uso	Valor Depreciado durante o tempo de uso em R\$
		SUBDIVISÃO DE PIROTECNIA – APR-X (Laboratório 2)	E-130	R\$ 40.218,21	50	3	60.280	0,67	R\$ 2,01
SUBTOTAL									R\$ 2,01

CÁLCULO DO VALOR FINAL DO SERVIÇO	
Mão de Obra Dedicada	R\$ 9.626,94
Bombeiro	R\$ 218,48
Segurança do Trabalho	R\$ 109,24
Consumo Energético e Depreciação dos Equipamentos	R\$ 28,61
Depreciação de Instalações	R\$ 2,01
Material de Consumo/Insumos	R\$ 5,68
TOTAL	R\$ 9.990,96

Informações que a contratante deve apresentar para apreciação do grau de inovação do STE

De acordo com o estabelecido na Política de Inovação da ICT/IAE, a contratante deve apresentar mediante Carta ao Instituto um compêndio de informações acerca da necessidade de realização de STE e que estejam enquadrados nos objetivos da Lei de Inovação de nº 10.973/04, mais especificamente os artigos 4º, 6º, 8º, 9º e 22º, e devidamente verificados pelo Chefe da VDIR-GI/IAE. Um encaminhamento formal será enviado para a Coordenadoria de Gestão da Inovação (DCTA-CGI), para enfim serem aprovados pelo Diretor da ICT/IAE.

